

*Маляров М.В., канд. техн. наук, доц., УЦЗУ,
Щербак Г.В., канд. техн. наук, нач. каф., УЦЗУ*

АЛГОРИТМ ПОШУКУ МАЛОРОЗМІРНИХ ОБ'ЄКТІВ НА МОРСЬКІЙ ПОВЕРХНІ З ВИКОРИСТАННЯМ ЇЇ ФРАКТАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

(представлено д-ром техн. наук Соловйом В.В.)

В статті запропоновано здійснювати виявлення постраждалих внаслідок надзвичайних ситуацій на морі за допомогою використання фрактальних властивостей морської поверхні. Запропоновано критерій фрактального виявлення, розглянуто особливості його застосування.

Постановка проблеми. Для України, як морської держави, серед усіх типів надзвичайних ситуацій (НС), окремо можна виділити ситуації, що трапляються на морі. Такі НС, окрім втрати матеріальних цінностей, доволі часто супроводжуються людськими жертвами. При цьому до загибелі людей, що опинилися у воді за тих чи інших обставин, можуть привести голод, спрага, кліматичні умови, фізичне виснаження. Тому актуальним у наш час остається завдання організації ефективного пошуку та рятування постраждалих під час НС на морі у найкоротший термін.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. На теперішній час для пошуку людей на воді використовуються повітряні засоби, що здійснюють візуальне спостереження за морською поверхнею [1]. При цьому на ефективність виявлення впливає досвід пілота-рятувальника, його підготовленість, фізичний стан, уважність та інші суб'єктивні фактори. Тому можлива ситуація при якій пілот може не помітити на поверхні моря деякі малорозмірні об'єкти (людей). Для усунення цих недоліків доцільно створити систему автоматичного виявлення малорозмірних об'єктів, яка б встановлювалась на повітряному засобі і вела спостереження в автоматичному режимі та в реальному часі паралельно з пілотом. При цьому час обробки отриманого зображення морської поверхні розміром P на P повинен бути менше ніж час на формування наступного кадру зображення $t_{обр} \leq t_{форм}$ (наприклад, для телевізійної системи $t_{форм} = 40$ мс).

Загалом автоматизувати виявлення людей на морській поверхні можна з використанням радіолокаційних або оптичних систем [2]. З огляду на те, що тіло людини, а також існуючі засоби порятунку (надувні жилети і човни, дерев'яні і пластикові конструкції) мають радіопрозорі властивості, застосування радіолокаційних систем не доцільно. Винятком буде ситуація, якщо засоби порятунку обладнані радіопередавачем або визначником місцеположення (GPS). При застосуванні оптичних систем головна проблема полягає у тому, що зображення освітленої сонцем морської поверхні має хаотичну структуру елементів різної яскравості, котра у кожен момент часу випадкова. Тому використання основних методів виявлення, таких як узгоджена фільтрація чи статистичні методи, потребують багато часу на обробку (наприклад, до 5 хв на один кадр розміром 1000 на 1000 пікселів), або мають високу ймовірність хибної тривоги (як, наприклад, контурно-текстурні методи) [3]. Ситуація також ускладнюється тим, що хаотична структура морської поверхні сама по собі маскує різні об'єкти за рахунок зміни яскравості елементів зображення у кожен момент часу.

Таким чином для роботи з результатами спостереження морської поверхні доводиться знаходити деякі змінні або які-небудь відповідні величини для опису властивостей й особливостей даних зображень, а також для виявлення змін у їхній структурі. З літератури відомо, що морська поверхня та її зображення мають фрактальні властивості [4, 5], тому пропонується характеризувати структуру морської поверхні за допомогою методів фрактальної геометрії.

Постановка завдання та його вирішення. Оскільки розміщення елементів на зображенні морської поверхні, як правило, складно й хаотично (рис. 1а), представляється доцільним стежити не за кожним елементом окремо, а розглядати відразу всю сукупність елементів, які в заданий момент часу займають певне положення, характеризуючи просторову структуру зображення морської поверхні.

Для виявлення неоднорідностей на зображеннях морської поверхні необхідно ввести критерій, на основі якого буде прийматися рішення про наявність або відсутність об'єкту пошуку. Обраний критерій стосовно до фрактального виявлення повинен задовольняти наступним вимогам:

- чисельно характеризувати хаотичну структуру зображення морської поверхні;

- змінювати своє значення при появі будь якого об'єкту на зображенні морської поверхні;
- мати різні характеристики для фрактальної та не фрактальної зони неоднорідності;
- бажано, щоб для різних типів фрактальних поверхонь він мав різні чисельні характеристики.

Простір спостережень може бути описаний в такий спосіб [6]. Для елементів безлічі, що утворюють просторову структуру зображення морської поверхні, введемо наступні позначення: C_i – клас (найменування) об'єкта $i = 1, 2, \dots, I$, де I – загальна кількість класів (для елементів зображення класом можуть бути усі елементи з однаковою яскравістю); S_i – площа займана i -им класом або площа зображення об'єкта i -го класу.

Тоді зображення просторової структури може бути описано набором наступних показників: $\bigcup_{i=1}^I C_i$ – об'єднанням всіх класів просторової структури; $\sum_{i=1}^I S_i$ – сумарною площею класів; $P(S)$ – розподілом площ у межах кожного класу; $A_r(C_i, C_j)$ – матрицею суміжності елементів класів C_i, C_j , де r – відношення, у якому перебувають C_i й C_j . При $r=1$ класи приєднуються друг до друга безпосередньо. При $r=2$ елементи двох класів розділені яким-небудь третім і т.д. Зручність такого подання просторової структури складається у відносно простій інтерпретації, хоча критерії для порівняння структур не можна назвати тривіальними.

Використання властивостей фрактальної геометрії для опису зображення морської поверхні, дозволяє запропонувати в якості критерія виявлення об'єкта пошуку фрактальну розмірність цієї поверхні. Точніше, мова йде про зміну фрактальної розмірності морської поверхні при появі будь-якого об'єкту, яка кількісно враховує складний і хаотичний характер природних просторових структур.

Виходячи з опису простору спостережень, фрактальна розмірність D_f водної поверхні буде пропорційна

$$D_f \sim f\left(I, \bigcup_{i=1}^I C_i, A_r(C_i, C_j), \sum_{i=1}^I S_j, P(S_i), S_{np}\right), \quad (1)$$

де S_{np} – площа зображення морської поверхні просторової структури.

Об'єкт, факт появи якого потрібно виявити, належить до класу $C_{об}$, що не належить безлічі C ($C_{об} \notin C$), і має площу $S_{об}$. Поява в контрольованому просторі спостережень об'єкта з новим класом $C_{об}$ призведе, виходячи з властивостей фрактальної розмірності, до її зміни

$$D_{f_{об}} \sim f(I, \bigcup_{i=1}^I C_i, C_{об}, A_r(C_i, C_j), \sum_{i=1}^I S_j, P(S_i), S_{об}, S_{np}). \quad (2)$$

При цьому з формул (1) і (2) видно, що фрактальна розмірність поверхні, що спостерігалась, змінилася на величину

$$\Delta D_f \approx D_{f_{об}} - D_f. \quad (3)$$

Таким чином, поява в заданому просторі спостережень об'єкта з новими характеристиками викликає зміну фрактальної розмірності на величину ΔD_f , що дозволяє використати її в якості критерію виявлення різноманітних об'єктів на зображеннях морської поверхні.

Маючи на увазі змінні, що входять у вираз (1), розглянемо які властивості зображень морської поверхні повинні змінитися, щоб це відбилося на величині фрактальної розмірності. Припустимо, що на зображенні морської поверхні (рис. 1а) з'являється новий об'єкт, який формує деяку зону неоднорідності. При цьому її характеристики не належать до класів, що присутні на зображенні, тобто зона відрізняється по яскравості й має деяку площу (рис. 1б, зона неоднорідності 1). В результаті всі змінні, що входять у вираз (1) зміняться.

Якщо виявлена зона неоднорідності належить до вже існуючих класів (наприклад, її яскравість збігається з яскравістю деяких елементів — рис. 1б, зона неоднорідності 2), то для виявлення об'єкту необхідно щоб він змінив інші характеристики. Наприклад, площу даного класу (S_i) або їхнє взаємне розташування ($A_r(C_i, C_j)$). Також можливий випадок, коли з появою об'єкту утворюється зона неоднорідності, яка належить до існуючих класів

і не змінює їхню площу (рис. 1б, зона неоднорідності 3). Тоді для виявлення об'єкту необхідно враховувати зміну взаємного розташування елементів зображення морської поверхні.

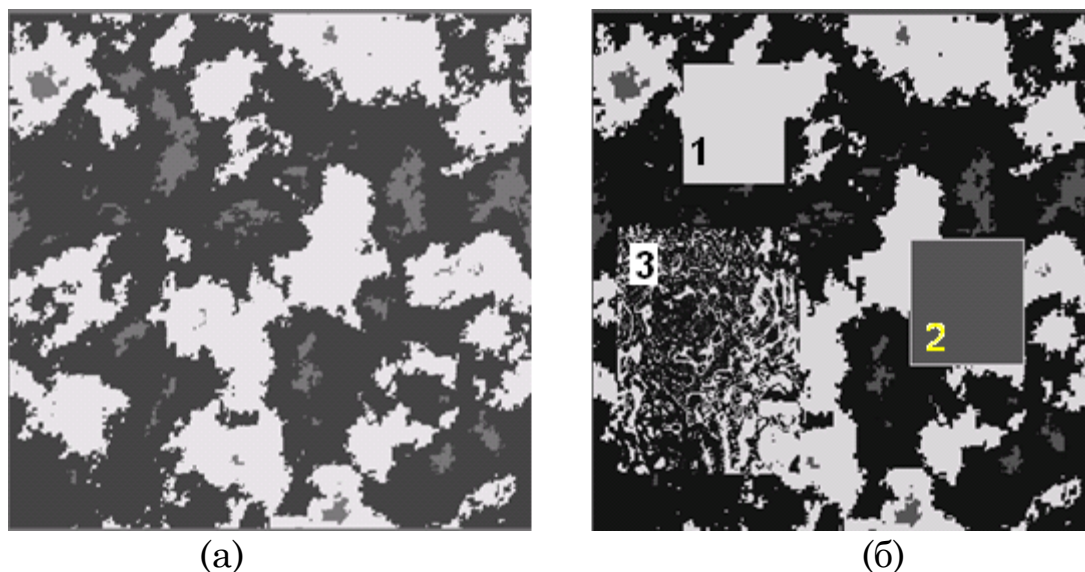


Рис. 1 – Зображення морської поверхні при відсутності (а) та при появі різних зон неоднорідностей (б) в її структурі

Для знаходження фрактальної розмірності зображень морської поверхні пропонується скористатися методом покриття [5]. При реалізації цього методу фрактальне зображення розбивається на квадрати певного розміру ε . Потім підраховується кількість квадратів $N(\varepsilon)$, необхідних для покриття зображення. Тоді фрактальною будемо називати розмірність D_f , обумовлену виразом

$$D_f = -\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\ln N(\varepsilon)}{\ln(1/\varepsilon)}. \quad (4)$$

З огляду на те, що на практиці важко реалізувати виконання умови $\varepsilon \rightarrow 0$, то при реалізації алгоритму розрахунку співвідношення (4) представимо у вигляді

$$\ln N(\varepsilon) = \ln C - D_f \ln \varepsilon, \quad (5)$$

де C — константа. З аналізу (5) легко бачити, що графік залежності $\ln N(\varepsilon)$ від $\ln \varepsilon$ являє собою пряму з кутовим коефіцієнтом D_f .

Для визначення невідомих параметрів C й D_f необхідно розрахувати $N(\varepsilon)$ як мінімум для двох значень ε . Тобто, якщо при реалізації методу покриття використати квадрати тільки двох розмірів – ε_1 і ε_2 , то невідомі C й D_f можна визначити із системи рівнянь

$$\begin{cases} \ln N(\varepsilon_1) = \ln C - D_f \ln \varepsilon_1, \\ \ln N(\varepsilon_2) = \ln C - D_f \ln \varepsilon_2. \end{cases} \quad (6)$$

Висновки. Таким чином, застосування зміни фрактальної розмірності морської поверхні в якості критерію виявлення об'єктів пошуку в НС, дозволить фіксувати появу в морі нових об'єктів, що мають будь-яку площу, а також помічати неоднорідності, обумовлені зміною в структурі морської поверхні, що відповідає виявленню людини, яка знаходиться у воді і потребує порятунку.

ЛІТЕРАТУРА

1. М. Костров Проблемы поиска и спасения на водных объектах Украины // Зеркало недели, № 46 (319), 2000.
2. Щипцов А.А. Национальная система морского поиска и спасения: состояние и перспектива // Вестник водного транспорта. – 2007. – № 1. – С. 6-18.
3. Прэтт У. К. Цифровая обработка изображений. Книга 2. – М.: Мир, 1982. – 478 с.
4. Заславский Г.М. Фрактальные свойства зон обрушения волн на поверхности моря // ДАН СССР. – 1987. – т. 294. – С. 1362-1366.
5. Е. Федер. Фракталы. – М.: Мир, 1991. – 254 с.
6. Васильев Л.Н., Тюфлин А.С. Фрактальность пространственных структур геосистем // Исследование Земли и космоса. – 1991. – № 4. – С. 59-67.

nuczu.edu.ua